

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-183116

(43)Date of publication of application : 06.07.2001

(51)Int.Cl.

G01B 11/24
G03F 1/08
G06T 7/00
H01L 21/027

(21)Application number : 11-367669

(71)Applicant : TOPPAN PRINTING CO LTD

(22)Date of filing : 24.12.1999

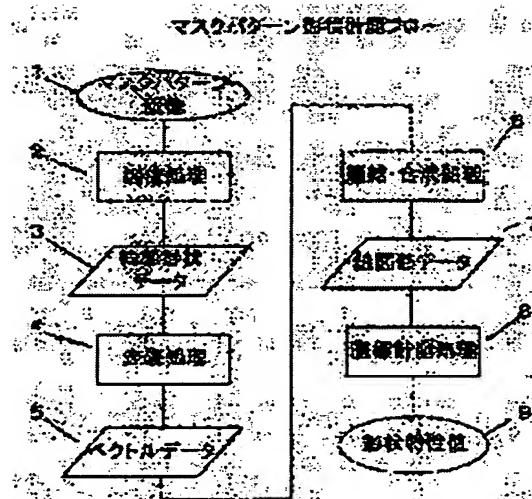
(72)Inventor : YONEKURA ISAO
FUKUSHIMA YUICHI

(54) MASK PATTERN MEASURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To speedily and accurately measure shape characteristic values, representing features of the mask pattern shape of a photomask, from the profile of the pattern.

SOLUTION: A mask pattern image 1 for measuring a pattern shape is read in a computer, profile data 3 are generated through an image process 2 and then scanned to perform conversion into vector data 5, and a connecting and composing process 6 is further carried out to perform conversion into line drawing data 7; and a coordinate measuring process 8 is carried out for the line drawing data, so that shape characteristic values 9 can be measured.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

12.09.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-183116

(P2001-183116A)

(43) 公開日 平成13年7月6日(2001.7.6)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード(参考)

G 0 1 B 11/24

G 0 3 F 1/08

S 2 F 0 6 5

G 0 3 F 1/08

G 0 1 B 11/24

K 2 H 0 9 5

G 0 6 T 7/00

F 5 B 0 5 7

H 0 1 L 21/027

G 0 6 F 15/62

4 0 5 A

H 0 1 L 21/30

5 0 2 P

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平11-367669

(22) 出願日

平成11年12月24日(1999. 12. 24)

(71) 出願人 000003193

凸版印刷株式会社

東京都台東区台東1丁目5番1号

(72) 発明者 米倉 勲

東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印

刷株式会社内

(72) 発明者 福島 祐一

東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印

刷株式会社内

最終頁に続く

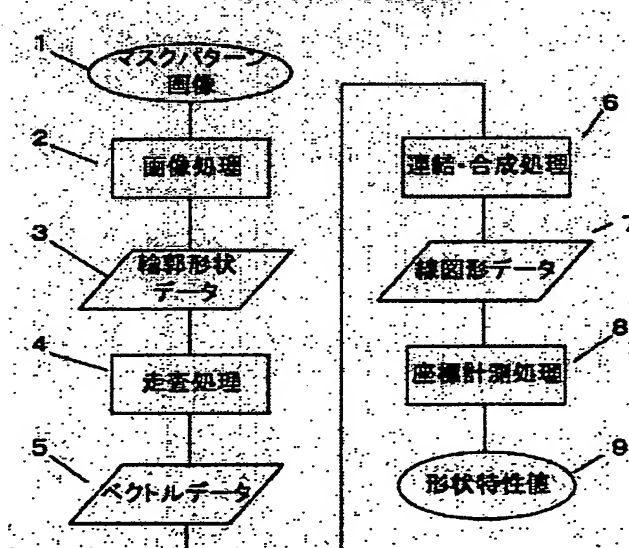
(54) 【発明の名称】 マスクパターン形状計測方法

(57) 【要約】

【課題】 フォトマスクのマスクパターン形状の特徴を表す形状特性値を、パターンの輪郭形状から迅速かつ正確に計測することを課題とする。

【解決手段】 パターン形状を計測するマスクパターン画像1をコンピュータに読み込み、画像処理2によって輪郭形状データ3を作成し、続いてこれを走査処理することによりベクトルデータ5に変換し、さらに連結・合成処理6を行うことで線図形データ7に変換した後、この線図形データに座標計測処理8を施すことで形状特性値9の計測が可能となる。

マスクパターン形状計測フロー



【特許請求の範囲】

【請求項1】マスクパターン形状計測方法において、任意のマスクパターン画像をコンピュータを用いた画像処理によってパターンの輪郭形状データを抽出した後、この輪郭形状データに対して走査処理を施してベクトルデータに変換し、さらにベクトルデータを順次連結・合成処理して線図形データとした後、この線図形データに対して座表計算処理を施すことによって、所望の形状特性値を計測することを特徴とするマスクパターン形状計測方法。

【請求項2】請求項1のマスクパターン形状計測方法において、前記画像処理が、平滑化処理、エッジ検出処理、2値化処理、および細線化処理等のアルゴリズムを適宜組み合わせた画像処理であることを特徴とするマスクパターン形状計測方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は半導体製造のリソグラフィ工程に用いられるフォトマスクのパターン形状をパターン画像から抽出し、所定のパターン形状特性値を計測評価するためのマスクパターン形状計測方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年の半導体LSIパターンの微細化に伴い、パターン原版としてのフォトマスクも同様に微細化への対応を迫られており、同時に高精度化への要求は非常に厳しい。従来、フォトマスク品質における重要項目として、欠陥・寸法精度・アライメントの3項目が特に重視されており、半導体の微細化が進む現在ではそれぞれの項目を計測するための高精度なフォトマスク専用検査装置が開発され使用されている。しかしフォトマスクパターンの微細化による高精度化への要求は、前記3項目以外のあらゆる品質項目（パターン形状、パターンデータ保証、耐久性、クリーン度等）においても同様になりつつあり、特にパターン形状の精度については直接LSI回路の精度および性能に関わることから、かなり重視されるようになってきた。

【0003】フォトマスクのパターン形状は、半導体回路のマスクレイアウト設計において設計図面通りのパターンが精度良くマスク上に再現されていることが望ましいのは当然である。しかし、実際にはリソグラフィ技術を用いてガラス上の金属薄膜に微細なパターンを加工しているため、マスクパターンと設計パターンとは完全に同一形状ではなく、寸法差やコーナー部の丸みなど、微小な違いが存在する。この違いはマスク上で数十～数百ナノメートル程度の大きさであることがほとんどであるが、近年の超LSIの微細化の進展によって、これが半導体回路の特性に影響を与えることが懸念され始めている。すなわち、微細なパターンであるほど、パターン自体に対して前記のパターン形状の違いが相対的に大きく

なり、特性値に影響するようになってきたということである。

【0004】また、近年の急激な微細化に伴い、投影露光技術において光学原理を積極的に利用することで前記のパターン形状の問題を改善しようという試みが盛んになってきている。その代表例は光近接効果補正マスク

（以下OPCマスクと称する）である。ここでOPCマスクについて説明する。OPCマスクは、ウェハ露光転写時に回路パターン形状が精度良く転写されるように、本来の回路パターンに近接あるいは接触するようにして微細な光近接効果補正パターン（以下OPCパターンと称する）が付加されているマスクである。OPCパターンは、投影露光転写時に光学的近接効果が原因で生じる転写パターン形状の劣化に対して、近接するパターン同士の光干渉効果を利用して形状補正し、本来の設計パターンが精度よく転写可能にすることを目的とするパターンであり、本来の回路パターンの四隅や隣接するパターンと最も近接する部分に配置されることが多い。また最近では回路パターン全体を複雑に変形させるような種類のOPCパターンも提案されている。ただし、本来の回路パターンとしては不要なため、OPCパターン自身は転写されない程度に微細でなければならない。従って、OPCパターンは従来のパターンよりもかなり微細であるため、マスクパターンの寸法ルールが従来のマスクよりも飛躍的に微細化することになり、マスク製造技術の点では非常に高度な微細加工技術を必要とする。もちろん、微細化の点では従来型のフォトマスクも同様に進展していくことは確実であり、やはり高度な微細加工技術が要求されるようになってきている。そこでフォトマスク製造及び検査技術の課題として重視されるようになったのが、前述のパターン形状精度の問題である。

【0005】マスク品質上の点検項目としてパターン形状を表す場合、様々な項目がある。例えば、パターンコーナー部の丸み（＝コーナー形状丸み）、直線パターンエッジ部のギザツキ（＝エッジラフネス）、描画時のパターンズレ（＝パッチングエラー）、形状歪み、テーパー形状など、パターンのそれぞれの部分ごとにチェックすべき項目がある。なお、括弧内はフォトマスク検査工程で通常使われている項目名である。

【0006】これらのパターン形状の精度を確認する手段として従来は、光学顕微鏡やSEMを用いてマスクパターンの形状観察を行い、パターンエッジのギザつきやパターンコーナー部の形状丸み等の項目について異常がないかどうかを検査者の目視観察によって判定していた。またその他の手段として、前述の光学顕微鏡やSEMによるマスクパターンの観察画像をコンピュータに画像データとして読み込んだ後、コンピュータの画面上でパターン形状と設計パターンを比較して形状の善し悪しを判断したり、画像データの濃淡からパターンを判別した上で画像処理ソフトのツール等を使って、パターンコ

ーナーの大きさや角度、パターン幅などをマウス操作により計測して形状の精度を確認していた。

【0007】前記のようなパターン形状の精度の確認手段において、光学顕微鏡（レーザー顕微鏡や共焦点顕微鏡等の、同様に高倍率での観察を目的とするパターン観察装置も含む）やSEMによる目視観察では、判定は検査者の主観によるため、検査者によってまちまちの判定となるおそれがあった。また、コンピュータの画面上で設計パターンと比較する場合も検査者による主観的な判定によるため、同様な問題があった。こうしたパターン形状の確認方法の根本的な問題は、客観的に評価するための数値表現ができないこと、つまりパターン形状の特性値を定量的に計測し、正確に評価することができないということである。

【0008】この意味においては、前記の画像処理ソフトのツールを使った従来手段は、形状を長さや角度などによって数値で表すことができるため、他の手段より優れているといえる。しかしながら本手段では、画像データの濃淡差によってパターンの輪郭を判断した上でマウスの手動操作で計測するため、パターンコーナーの大きさやパターン幅などを計測する際の計測ポイントが測定者によって変わってしまい、正確な計測ができないという問題があった。また、本手段でパターン形状の特性値として計測できるのは、長さや角度など直接的に計測可能なもので、曲線形状などは計測できなかった。また、パターン形状の特性値は1つのパターンに対して1箇所とは限らないため、いくつも手動で計測するのは煩わしいという問題もある。このように従来手段ではパターン形状の特性値を正確かつ迅速に評価するには不十分であった。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記の問題点を鑑みてなされたもので、微細なパターンを含むフォトマスクのパターン形状の定量的な計測を、迅速かつ正確・高精度に可能にするマスクパターン形状計測方法を提供することを課題とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明はかかる課題を解決するものであり、請求項1の発明は、マスクパターン形状計測方法において、任意のマスクパターン画像をコンピュータを用いた画像処理によってパターンの輪郭形状データを抽出した後、この輪郭形状データに対して走査処理を施してベクトルデータに変換し、さらにベクトルデータを順次連結・合成処理して線図形データとした後、この線図形データに対して座表計算処理を施すことによって、所望の形状特性値を計測することを特徴とするマスクパターン形状計測方法としたものである。

【0011】本発明の請求項2の発明は、請求項1のマスクパターン形状計測方法において、前記画像処理が、平滑化処理、エッジ検出処理、2値化処理、および細線

化処理等のアルゴリズムを適宜組み合わせた画像処理であることを特徴とするマスクパターン形状計測方法としたものである。

【0012】

【発明の実施の形態】以下において本発明の一実施の形態について図を用いて説明する。図1はマスクパターン形状計測方法の一実施例のフロー図である。マスクパターンの形状計測方法として、任意のマスクパターン画像をコンピュータを用いた画像処理によってパターンの輪郭形状データを抽出した後、この輪郭形状データから所望の形状特性値を計測する。図1において、マスクパターン画像1は光学顕微鏡またはSEMで観察したフォトマスクパターンをデジタル画像データとしてコンピュータに読み込ませたもので、画像データはビットマップ形式で画像の濃淡や色の階調が画素単位で記録されている。

【0013】マスクパターンを画像データとしてコンピュータに読み込ませる方法としては、光学顕微鏡またはSEMから出力したマスクパターンの拡大写真をスキャナで読み取る方法や、光学顕微鏡によるマスクパターンの拡大画像をCCDカメラで撮影して光学アナログ画像データを取得し、これを画像処理ボードのA/D変換装置によってデジタル画像データに変換してビットマップ形式の画像データとして読み込む方法などがある。

【0014】上記の方法によってコンピュータに読み込ませた画像データに対して、画像処理2を施すことによりパターンの輪郭線を表している輪郭形状データ3に変換する。この画像処理2は平滑化処理、エッジ検出処理、2値化処理、細線化処理等の一般的に用いられる画像処理手法によって構成されており、画像データの画像品質によって適宜各手法を組み合わせる最適な輪郭線が得られるようにしている。また、画像処理2には所望のパターン領域の切り取りや選択領域の拡大・縮小表示、パターンが斜めになっている場合の回転補正処理なども含まれている。

【0015】図2はマスクパターンを輪郭形状データ、ベクトルデータおよび線図形データに変換する様子を示す模式図である。図2(a)にマスクパターン画像の一例を、図2(b)に画像処理2によって得られる輪郭形状データの一例を示す。この輪郭形状データはパターンの輪郭を一本の線で表したもので、図1の画像処理2の手順中での細線化処理で、パターンのエッジ部分の太さが1画素になるまで細線化することによって得られる。なおこのとき、画像の品質によっては輪郭形状データが途中で切れてしまったり、微小な分岐線が生じてしまう可能性があるが、そのような場合は膨張・収縮処理を加えることできれいな一本線の輪郭形状データを得ることができる。

【0016】図1に戻り、次に輪郭形状データ3に対して走査処理4を行うことにより、ベクトルデータ5を作

成する。図3は走査処理で画素の方向を調べるときのベクトルの方向と記号との関係を表した図である。走査処理4とは、輪郭形状データを1画素ごとに調べ、隣の画素が図3に示す8方向のどちらに向かっているかを順に走査していき、輪郭線の形状を単位ベクトルの集合として表現するための処理である。具体的にはまず輪郭形状データのある地点を出発点と決め、そこから図3に示す0～7までの8方向の中で画素データが存在する地点があれば、そちらに移動する。次に移動した地点から、また0～7までの8方向を調べ、前の地点以外で画素データが存在する地点があればさらに移動する。これを元の出発点に戻るか、輪郭線の終点に到達するまで繰り返す。このとき各画素間の移動時に0～7の方向を示す記号を順に付加することにより、輪郭線の形状をベクトルの集合として表現できるため、輪郭形状データがベクトルデータに変換される。図2の(c)に変換したベクトルデータを示す。

【0017】このように、方向を示す記号の集合によって線の形状を表す手法は、一般にチェーン符号化と呼ばれており、出発点の座標値と方向を示す記号(チェーン符号)の列であらゆる形状を表現することができるため、画像のデータ圧縮などには極めて有効な手法である。

【0018】次に、再び図1に戻り、上記の手法によって得たベクトルデータ5を連結・合成処理6することによって線図形データ7に変換する。連結・合成処理とはベクトルデータの各要素を出発点から順に足し合わせることで、輪郭形状データの各画素の座標値を算出する処理である。これによって算出された各画素の座標値データはパターンの輪郭に沿って順番にならんでおり、線図形を構成しているので線図形データと呼んでいる。

【0019】連結・合成処理におけるベクトルデータの足し合わせは、ベクトルデータを方向を表す記号から x y 座標成分に変換してから計算する。例えば、図3において0の x y 座標は(1, 0)、1の x y 座標は(1, 1)、2の x y 座標は(0, 1)となる。図2の(d)に連結・合成処理によって得られた線図形データを示す。例えば図2(d)の x y 座標(4, 7)のベクトルデータの方向は図2(c)と図(3)から1で、1の x y 座標は(1, 1)であるから、(4, 7)に(1, 1)を加え(5, 8)となる。

【0020】図1に戻る。こうして得られたマスクパターンの線図形データ7に座標計測処理8を行うことにより、パターンの形状特性値9を計測することができる。座標計測処理のアルゴリズムは特性値を計測する形状ごとに異なるため、各形状ごとに座標計測方法を解説する。ここでは、一実施例としてコーナー形状丸みとエッジラフネスについて述べる。

【0021】なお、形状の特性値は以下に述べる以外にもパターン特徴に応じていろいろ考えられるが、ここで

得られた前記線図形データをもとにして、計測処理のアルゴリズムを変更・追加することによって所望の形状特性値を得ることが可能である。

【0022】まず、コーナー形状丸みについて解説する。コーナー形状丸みを定量化するための特性値としては、図4(a)に示すようにコーナー部分の横方向と縦方向の長さ a 、 b や丸みによって本来のパターンから欠けた部分の面積 s 、本来のパターンの面積 S と欠けた部分の面積 s との比によって欠け具合を表す侵食度 s/S などがある。これらの特性値を計測するためには、パターン形状の輪郭線が曲線的に変化する部分、すなわちコーナーの曲がり始めと曲がり終わりを検知する必要がある。コーナーの曲がり始め曲り終わりは図4(b)に示すように、線図形データの端点から順に、一定数はなれた2点間の x y 成分移動量から直線の傾きを求め、その傾きが所定の閾値以上(もしくは以下)になるところを調べることで検知することが可能である。

【0023】なお、パターンの輪郭線にノイズがのっている場合は、ノイズ部分をコーナー曲がり始めと特定してしまうことが考えられるため、本発明ではマスクパターン画像の画像品質によって閾値を調整できるようにしてある。コーナー部分の横方向と縦方向の長さ a 、 b はコーナー曲がり始めと曲がり終わりの2点間の x 、 y 成分の差の絶対値を計算することで求められる。また、欠けた部分の面積 s は a 、 b を二辺とする長方形(=本来のパターン)からコーナー部分の面積を減算してもとめられる。なお、コーナー部分の面積は線図形データを始点から終点まで辿りながら、列ごとのピクセル数をすべて合計することで算出される。コーナーの欠け具合を表す侵食度は、単純に本来のパターンの面積 S と欠けた部分の面積 s の比すなわち s/S を計算すれば良い。

【0024】次にエッジラフネスについて解説する。エッジラフネスを定量化するための特性値は、図4(c)に示すラフネス幅 a と平均粗さである。平均粗さを求めるには統計的な計算が必要不可欠であり、従来の画像処理手法ではパターンエッジの平均粗さの計算は困難であった。しかし、本発明においては図4(d)に示すような線図形データを生成し x y 座標値をもとに計算を行うため、それが可能となっている。具体的には、パターンのエッジ部分を矩形領域で選択したときの端点を終点および始点とし、終点と始点間の線図形データの座標値をもとにエッジの平均線をもとめ、平均線と各座標値の差 $f(x)$ の絶対値の始点から終点までの定積分値を、終点・始点間の距離で割ることによって算出される。またラフネス幅 a は、線図形データの座標値を順に調べ、幅方向の最小値と最大値の差を求めれば良い。

【0025】

【発明の効果】以上のようにマスクパターン形状の計測において、本発明のマスクパターン形状計測方法を用いることにより、従来の顕微鏡やSEMによる目視確認や

画像処理ソフトのツールによる測定に比べ、迅速でかつ高精度な形状計測が可能となり、さらに統計手法など多様な計算方法が利用できるため、形状の特徴を正確に定量化することが可能となった。また、その他のマスクパターン形状においても同じ形状データを用いて、座標計測処理のアルゴリズムを変更するだけで、形状の特徴を定量化するための形状計測が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のマスクパターン形状計測方法の一実施例の手順を示すフローである。

【図2】マスクパターンを輪郭形状データ、ベクトルデータおよび線図形データに変換する様子を示す模式図である。

【図3】走査処理で画素の方向を調べるときのベクトル

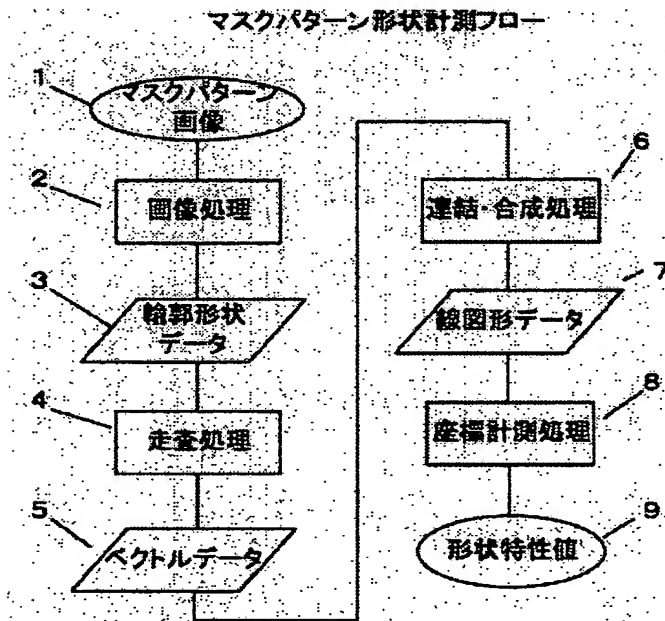
の方向と記号との関係を表した図である。

【図4】コーナー丸みとエッジラフネスの形状特性値の計測概念を示す説明図である。

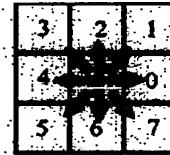
【符号の説明】

- 1 . . . マスクパターン画像
- 2 . . . 画像処理
- 3 . . . 輪郭形状データ
- 4 . . . 走査処理
- 5 . . . ベクトルデータ
- 6 . . . 連結・合成処理
- 7 . . . 線図形データ
- 8 . . . 座標計測処理
- . . . 形状特性値

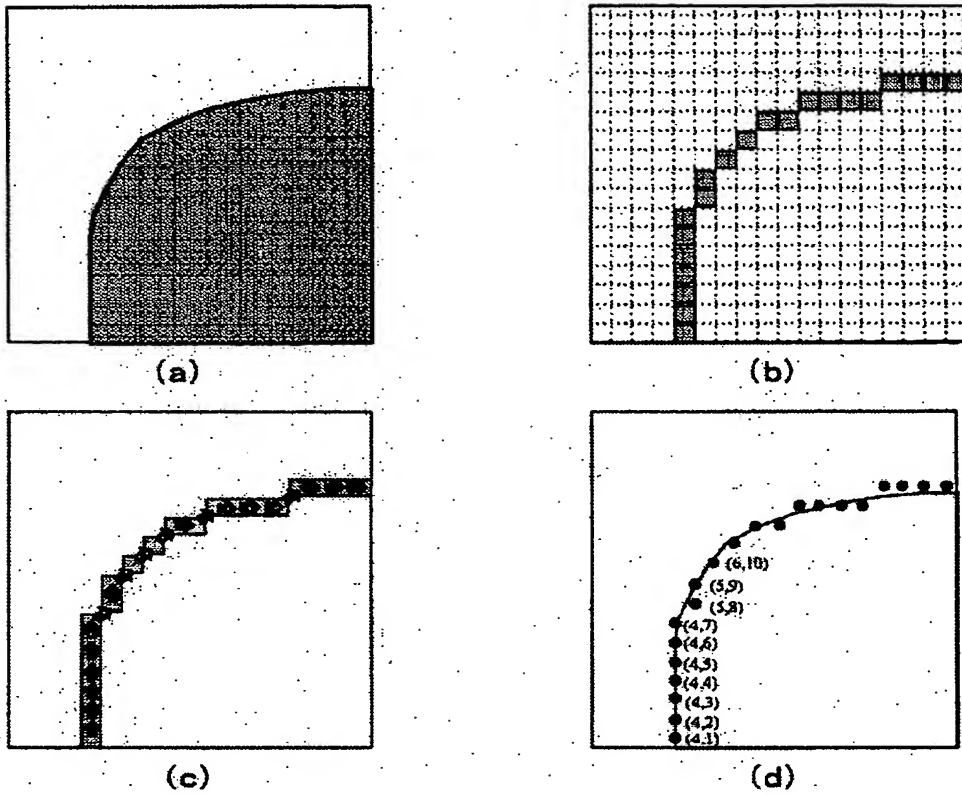
【図1】



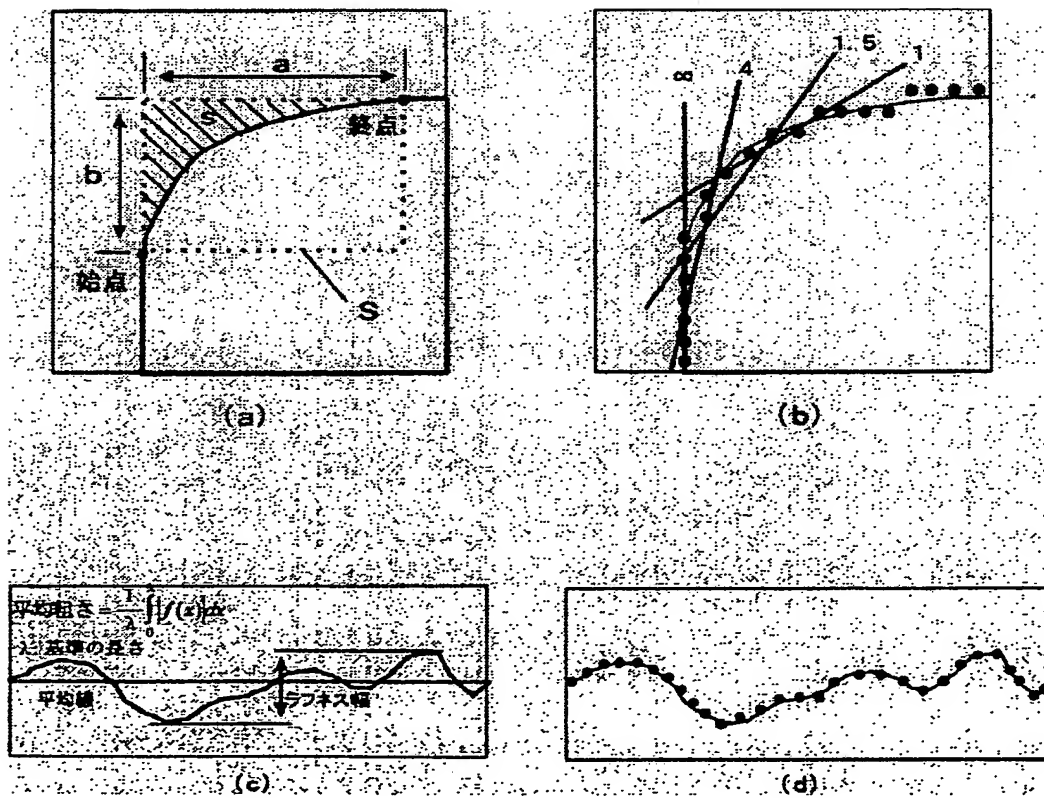
【図3】



【図2】



【図4】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F065 AA03 AA07 AA12 AA56 CC18
DD00 FF04 JJ03 JJ19 JJ26
MM00 PP24 QQ04 QQ32 QQ33
QQ42
2H095 BD02 BD21 BD25 BD26
5B057 AA03 CA12 CB12 CE05 CF05
DA03 DC16 DC17